

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 79101147.1

⑤① Int. Cl.²: **C 22 C 38/12, B 23 K 35/30**

⑱ Anmeldetag: 25.04.79

③① Priorität: 02.05.78 DE 2819227

⑦① Anmelder: **Stahlwerke Peine-Salzgitter AG,**
Gerhardstrasse 10, D-3150 Peine (DE)

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 14.11.79
Patentblatt 79/23

⑦② Erfinder: **Vlad, Constantin M., Dr.-Ing., Im kleinen**
Lah 8, D-3321 Nordassel (DE)
Erfinder: **Schreiber, Kamillo, Haackelstrasse 12,**
D-3300 Braunschweig (DE)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **FR GB NL SE**

⑦④ Vertreter: **Gramm, Werner, Dipl.-Ing. et al,**
Patentanwälte Gramm + Lins Theodor-Heuss-
Strasse 2, D-3300 Braunschweig (DE)

⑤④ **Manganstahl sowie Verwendung und Verfahren zum Schweißen dieses Manganstahles.**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Manganstahl, der vorzugsweise aus 0,06–0,18% Kohlenstoff, 0,10–0,50% Silizium, 0,90–1,70% Mangan, 0,02–0,70% löslichem Aluminium sowie 0,01–0,06% Niob besteht.

EP 0 005 199 A2

00005199

- 1 -

Stahlwerke Peine-Salzgitter AG
Gerhardstraße 10
3150 Peine

Patentanwalt
Dipl.-Ing.
Werner Gramm

Patentanwalt
Dipl.-Phys.
Edgar Lins
Theodor-Heuss-Straße
3300 Braunschweig
Telefon: 0531-80079
Telex : 952 620

BEZEICHNUNG GEÄNDERT
siehe Titelseite

"Manganstahl"

Anwaltsakte 3732 DE Pt

Die Erfindung betrifft einen Manganstahl, seine Verwendung sowie Schweißverfahren für diesen Manganstahl.

Seit einigen Jahren ist man bestrebt, die Verbrennung von Gasen bei höheren Temperaturen durchzuführen, um so eine vollständige Verbrennung zu gewährleisten. Dies hat jedoch in der Praxis häufig zu einer interkristallinen Spannungsrißkorrosion in den Stahlteilen der Verbrennungsanlagen geführt. Es ist zwar bekannt, daß die interkristalline Spannungsrißkorrosion normaler Kohlenstoffstähle ein unter Einfluß von Zugspannungen ablaufender elektrochemischer Lokalkorrosionsvorgang entlang den Korngrenzen ist, dessen Zustandekommen von drei Faktoren abhängig ist, nämlich von dem spezifisch wirkenden Angriffsmittel, von der spezifischen Empfindlichkeit des Stahles gegenüber dem Korrosionsmittel und von den einwirkenden Zugspannungen. Wird z.B. Methangas verbrannt, bilden sich in großen Mengen Stickoxide, Ammoniak und Wasserdampf, die dann als Angriffsmittel bei der interkristallinen Spannungsrißkorrosion (ISRK) wirken. Der Mechanismus der Rißentstehung im Stahl durch ISRK ist noch nicht geklärt.

Da eine auch nur halbwegs verlässliche Abschätzung der Standzeit des Stahl im voraus wegen der Höhe und Art der Eigenspannungen, die durch Schweiß- und Bearbeitungsvorgänge anstehen, nicht möglich ist, hat man versucht, die Beständigkeit dieser Kohlenstoffstähle beim Einsatz in Spannungskorrosion erzeugenden Medien entweder durch Zugabe von Inhibitormedienzusätze wie KMnO_4 -, PbO -, ZnO - etc. oder durch Legieren des Stahls mit Chrom (6 bis 19 %) und Aluminium (0,5 bis 1,2 %) zu erhöhen.

Es wurde jedoch festgestellt, daß Spannungsrißkorrosion durch die Zugabe von KMnO_4 -, PbO - oder ZnO -Zusätze nur in Alkalimedien gelegentlich verhindert werden kann, wobei der Erfolg dieser Schutzmaßnahme von der angewandten Konzentration abhängig ist; bei ungenügender Zugabe führt diese sogar zu einer Steigerung der Spannungsrißkorrosion.

Andererseits ist es in der Regel außerordentlich teuer und unwirtschaftlich, ganze Verbrennungsanlagen wie z.B. Cowper oder Heißwinderhitzer aus rostfreien Stählen wie X 10 CrAl 7 (0,5/1,0 % Al, 6,0/7,0 % Cr), X 10 CrAl 13 (0,7/1,2 % Al u. 12/14 % Cr) oder X 10 CrAl 18 (0,7/1,2 % Al u. 7/9 % Cr) herzustellen. Ein weiterer Nachteil dieser Stähle liegt bei ihrer Verarbeitung darin, daß sie Kaltformgebungsarbeiten nur nach einem Vorwärmen auf Temperaturen von 300° C zulassen und nach starker Kaltverformung eine Wärmebehandlung bei Temperaturen oberhalb 750° C mit anschließender schnellen Luftabkühlung benötigen.

Solche Wärmebehandlungen führen jedoch nicht nur zu Verformungen und Abweichungen von der Maßhaltigkeit, sondern lassen sich auch kaum in vernünftiger Weise an größeren Anlagen durchführen. Aus diesen Gründen sind zum Einsatz in solchen Atmosphären Stähle entwickelt und auf den Markt gebracht worden wie H IV L und HSB 50 SL, die billiger sind als die Stähle X 10 CrAl 7,

- 3 -

X 10 CrAl 13 oder X 10 CrAl 18. Nachteilig ist jedoch bei den Stählen H IV L bzw. HS B 50 SL, bei denen die Cr-Gehalte auf 0,3 % und Al-Gehalte auf mindestens 0,03 % begrenzt sind, die Notwendigkeit eines Anlassens bei 750° C mit anschließendem Luftabkühlen nach jedem Schweiß- bzw. Kaltverformungsvorgang, wenn eine erhöhte Beständigkeit gegen interkristalline Spannungskorrosion gewährleistet werden muß.

Weiterhin hat es sich gezeigt, daß die Spannungsverteilung im Stahl unter Last durch Strukturinhomogenitäten im mikroskopischen Bereich beeinflußt wird. Insbesondere erzeugen die oxidischen und sulfidischen Einschlüsse ein Feld verstärkter Spannungen um sich herum: Je größer die Abmessung des Einschlusses und je höher die Festigkeit des Gefüges, desto größer ist die Spannungskonzentration.

Da die Verbrennungsanlage oder die Stahlkonstruktionen neben den alkalischen und neutralen auch schwach sauren Lösungen ausgesetzt werden, entsteht bei deren Reaktion mit dem Stahl auch Wasserstoff in atomarer Form. Die Verteilung des in den Stahl eindringenden Wasserstoffs hängt jedoch von der lokalen Spannungskonzentration ab, was dazu führt, daß der Wasserstoff sich um die Einschlüsse im Gefüge sammelt. Dies wiederum führt zu steilen lokalen Wasserstoffkonzentrationsgradienten, besonders in der Wärmeeinflußzone der Schweißnaht, wodurch Brüche entstehen. Es besteht somit ein Bedarf nicht nur nach Stählen mit einer erhöhten Beständigkeit gegen ISRK, sondern auch nach Stählen, die gleichzeitig besser zur Verwendung in hydrierender Umgebung, nämlich in schwach sauren Lösungen, geeignet sind.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Stahl zu schaffen, der eine erhöhte Beständig-

keit gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion und Wasserstoffversprödung besitzt und daher zur Herstellung z.B. von Cowper-Anlagen, Behältern, Druckgefäßen, Hochdruckrohrleitungen, Silos für die Erzeugung von Kunstdünger und ähnlichen Konstruktionen, die Stickoxiden, Nitraten oder alkalischen Medien in fester, flüssiger, gasförmiger oder dampfförmiger Phase ausgesetzt sind, verwendet werden kann.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch einen Manganstahl mit folgenden Bestandteilen gelöst:

	0,06 - 0,18 % Kohlenstoff	
	0,10 - 1,80 %	} Silizium
vorzugsweise	0,10 - 0,50 %	
	0,30 - 1,70 %	} Mangan
vorzugsweise	0,90 - 1,70 %	
	0,02 - 0,70 % lösliches Aluminium	
	0,01 - 0,06 % Niob.	

Der neue Manganstahl kann 0,02 - 0,14 % Phosphor und 0,008 - 0,020 % Schwefel aufweisen, wenn gleichzeitig der Kupfergehalt bei 0,15 % oder höher liegt. Er kann aber auch 0,004 - 0,020 % Phosphor und 0,002 - 0,007 % Schwefel aufweisen, wenn gleichzeitig der Kupfergehalt bei 0,03 - 0,05 % liegt.

Der neue Manganstahl kann als Legierungselement zusätzlich 0,03 - 0,20 % Titan und/oder bis maximal 1,0 % Nickel enthalten. Er kann als Legierungselement auch 0,05 - 0,60 % Chrom enthalten.

Zu den erfindungsgemäßen Grenzen der Legierungsanteile ist folgendes festzustellen:

Die obere Grenze des Kohlenstoffgehaltes liegt bei 0,18 %, da sich

ein Kohlenstoffgehalt von über 0,20 % ungünstig auf die Schweiß-eignung des Werkstoffes auswirkt, wenngleich Kohlenstoffgehalte über 0,20 % die Beständigkeit gegen ISRK erhöhen. Die untere Grenze des Kohlenstoffgehaltes liegt bei 0,06 %, da bei geringeren Anteilen die Neigung zur Spannungsrißkorrosion stark zunimmt.

Silizium wird aus Gründen der Desoxidation und zur Verbesserung der Festigkeit sowie zur Erhöhung der ISRK-Beständigkeit bei hohen Beanspruchungen zugegeben. Bei einem Siliziumgehalt von weniger als 0,10 % können die gewünschten Wirkungen nicht mehr erzielt werden, während bei einem Siliziumgehalt von über 0,50 % die Kerbschlagzähigkeit des Stahls spürbar abnimmt.

Mangan wird aus Gründen der Desoxidationswirkung und zur Verbesserung der Festigkeit und Kornfeinung sowie der Schweißbarkeit zugegeben. Bei Mangangehalten unter 0,90 % lassen sich die gewünschten Effekte kaum erzielen. Dagegen besteht bei Manganzusätzen in Mengen von über 1,70 % die Gefahr, daß der Stahl auch bei langsamen Abkühlungsgeschwindigkeiten von der Warmwalz- bzw. Normalglühtemperatur eine martensitische Umwandlung erfährt und dadurch seine Beständigkeit gegen ISRK verschlechtert wird.

Schwefel und Phosphor, die als unvermeidbare Verunreinigungen bei der Stahlherstellung zu betrachten sind, sind je auf eine obere Konzentrationsgrenze von 0,020 % bzw. 0,14 % festgelegt, wenn die Kupfergehalte um 0,15 % oder höher liegen. Bei entsprechend niedrigeren Kupfergehalten von 0,03 bis 0,05 % werden vorzugsweise die Schwefelgehalte auf 0,002 bis 0,007 % beschränkt, um interkristalline wasserstoffinduzierte Risse zu vermeiden.

Lösliches Aluminium, das ein wesentliches Element zur Verhinderung der interkristallinen Spannungsrißkorrosion ist, wirkt sich be-

sonders dann synergetisch gegen ISRK aus, wenn es zusammen mit Niob- bzw. Titanzusätzen wegen des kornverfeinernden Effektes dem Stahl zugegeben wird. Dadurch wird der Widerstand gegen ISRK zusätzlich erhöht, so daß dieser weniger von der aufgebrachten Belastung abhängt, als dies bei konventionellen Kohlenstoffstählen der Fall ist. Es zeigt sich, daß Aluminiumzugaben in Mengen von weniger als 0,02 % die interkristalline Spannungsrißkorrosion nicht unterbinden kann und zwar auch dann nicht, wenn Niob- und Titanzusätze dem Stahl über die angegebenen Mengen hinaus zulegiert wird. Aluminiumzusätze von über 0,70 % führen andererseits zu einer Beeinträchtigung der Schweißbarkeit.

Durch den Zusatz von Chrom in Höhe von 0,05 bis 0,60 % wird die Bildung einer Passivierungsschicht gefördert, die besonders die Beständigkeit gegen ISRK in Alkalimedien erhöht. Dagegen wird die Beständigkeit des Stahls gegen interkristalline Spannungsrißkorrosion in Gegenwart von Chrom in Mengen von über 0,60 % erheblich beeinträchtigt.

Tabelle 1 zeigt erfindungsgemäße Stahlsorten A bis H, von denen die Stahlsorten A und B aus den vorstehend näher erläuterten Gründen im Sinne der Erfindung keine optimalen Lösungen darstellen.

Die Beständigkeit in Nitrat- bzw. Alkalinmedien wurde für die Stahlsorten A bis H nach DIN 50515 gemessen; die Werte sind in Tabelle 2 eingetragen.

Die Beständigkeit gegen wasserstoffinduzierte interkristalline Spannungsrisse wurde metallographisch ermittelt, nachdem die Stähle einer mit H_2S gesättigten chloridhaltigen Lösung nach ASTM D 1141-52 für 96 Stunden ausgesetzt worden sind. Ebenso sind die in der Tabelle 2 genannten Daten für interkristalline Angriffe

- 7 -

nach DIN 50 915 aus beschleunigten Versuchen abgeleitet, die in einer 60 %igen siedenden Calcium-Ammonnitrat-Lösung durchgeführt wurden.

Beide Lösungen sind bekanntlich extrem günstig zur Erzeugung beschleunigter simulierter Bedingungen unter denen die Stähle in Praxis verwendet werden.

Ein Manganstahl gemäß der Erfindung ist somit durch folgende mechanisch-technologische Eigenschaften gekennzeichnet:

320 - 440 N/mm ²	Streckgrenze
440 - 610 N/mm ²	Zugfestigkeit
22 - 38 %	Bruchdehnung (in Längs- und Querrichtung).

Dieser Manganstahl weist vorzugsweise CVN- a_k -Werte von 80 bis 190 J/cm² in Längs- und 55 bis 85 J/cm² in Querrichtung bei $\pm 0^\circ$ C und einem maximalen Wasserstoffgehalt von 1,65 ccm/100 p nach einer 96stündigen Behandlung in einer mit H₂S gesättigten Lösung auf. Er kann aber auch CVN- a_k -Werte von 360 bis 390 J/cm² in Längs- und 300 bis 325 J/cm² in Querrichtung bei $\pm 0^\circ$ C und einem maximalen Wasserstoffgehalt von 0,15 ccm H₂/100 p nach einer 96stündigen Behandlung in einer mit H₂S gesättigten Lösung aufweisen.

Die vorstehend genannten Manganstähle sind lediglich als walzbarer Werkstoff, nicht aber als Guß geeignet. Diese Manganstähle weisen einen Mangangehalt von 0,9 - 1,70 % auf.

Die in den Tabellen 1 und 2 aufgeführte Stahlsorte A mit einem Mangananteil von 0,30 % und einem Siliziumgehalt von 1,77 % ist

für Guß geeignet.

Die heute bekannten, gegen ISRK beständigen Stähle müssen insbesondere nach fertiggestellter Schweißung zur Aufrechterhaltung ihrer Beständigkeit gegen ISRK einer Schluß-Wärme-Behandlung bei ca. 750° C unterworfen werden. Diese Wärmebehandlung ist jedoch von bestimmten Bauteilgrößen an mangels ausreichend großer Glühöfen nicht mehr realisierbar (z.B. bei Hochofen-Winderhitzern mit etwa 40 m Höhe).

Die erfindungsgemäßen Manganstähle lassen sich im normal geglühten Zustand als Werkstoff insbesondere für solche Bauteile verwenden, die alkalischen, neutralen oder schwach sauren Lösungen ausgesetzt sind, insbesondere für Heißwinderhitzer. Für diese Stähle sollen Schweißverfahren entwickelt werden, die Schlußglühungen nicht mehr erforderlich machen.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren zum Mehrlagenschweißen eines Manganstahles gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß als Schweißgut der Werkstoff 13 CrMo 44 angewendet und die Schweißlagenaufbau-technik in folgenden Schritten durchgeführt wird:

- a) Zuerst werden auf der den aggressiven Medien ausgesetzten Innenseite des Bauteiles die Wurzellagen geschweißt;
- b) anschließend werden an der Außenseite des Bauteiles Schweißlagen aufgebracht;
- c) die Nahtkanten auf der Innenseite des Bauteiles werden auf etwa 100° C vorgewärmt und mit dünnem Strichlagen-Schweißgut gepuffert;

- 9 -

- d) darauf werden auf der Innenseite die Decklagen so aufgebracht, daß die Schmelzgrenzen der Pufferlagen nicht überschritten werden.

Im Schweißgut wird somit die Beständigkeit gegen ISRK durch Anwendung von 13 CrMo 44-Schweißzusatzwerkstoff erreicht. In den Schweißnahtübergängen wird die Beständigkeit gegen ISRK hingegen nur durch die vorstehend erläuterte besondere Schweißlagenaufbautechnik gewährleistet. Die Decklagen auf der Innenseite des Bauteiles werden als sogenannte Vergütungslagen geschweißt, wobei die Schmelzgrenzen der Pufferlagen nicht mehr überschritten werden dürfen. Dadurch werden nicht nur die Grobkornbereiche der wärmebeeinflussten Zone der vorher gelegten Pufferlagen durch Umwandlung verfeinert, sondern durch den Anlaßeffect des Gefüges der Grobkornbereiche werden auch Zugeigenspannungen in Oberflächennähe in Druckeigenspannungen umgewandelt.

In der Zeichnung ist ein Beispiel für eine Mehrlagenschweißung dargestellt. Danach werden zuerst Wurzellagen 1 und 2 an der Innenseite A eines Behälters B oder dergleichen geschweißt. Anschließend werden an der Behälteraußenseite C Schweißlagen 3 - 7 aufgebracht. Auf der Behälterinnenseite werden die Nahtkanten auf etwa 100°C vorgewärmt und mit dünnem Strichlagen-Schweißgut gepuffert (Pufferlagen 8 bis 11). Schließlich werden dann die Decklagen 12 bis 16 als Vergütungslagen geschweißt, ohne dabei die Schmelzgrenzen der Pufferlagen zu überschreiten.

Ein Verfahren zum Einlagenschweißen eines Manganstahles gemäß der Erfindung ist gekennzeichnet durch ein Elektro-Schlacke- oder Elektro-Gas-Schweißverfahren unter Verwendung von C-Mn-Zusatzdrahtelektroden ähnlicher chemischer Zusammensetzung wie der Grundwerkstoff bei Schweißspalten ≤ 16 mm. Hierbei erfolgt das

Schweißen vorzugsweise unter reduziertem Wärmeeinbringen von etwa 18.000 J/cm^2 bei gleichzeitig erhöhter Abkühlgeschwindigkeit des Schweißgutes.

Bei dem Einlagenschweißverfahren genügen somit unlegierte CMn-Zusatzdrahtelektroden ähnlicher chemischer Zusammensetzung wie der Grundwerkstoff, da bei Schweißspalten $\leq 16 \text{ mm}$ der Grundwerkstoffanteil in der Schweiße mindestens 50 % beträgt. Im Gegensatz zu Mehrlagenschweißungen erfolgt das Einlagenschweißen zweckmäßig unter reduziertem Wärmeeinbringen bei gleichzeitig erhöhter Abkühlgeschwindigkeit des Schweißgutes, da diese Maßnahmen der Kornverfeinerung im Schweißgut dienen und in der Wärmeeinwirkungszone einer Kornvergrößerung entgegenwirken. Dabei wird zusätzlich eine günstige Druckeigenspannungsverteilung an der Oberfläche erzielt.

Aus einem erfindungsgemäßen Manganstahl bestehende Bleche können somit im normalgeglühten Zustand, in dem sie gegen ISRK beständig sind, angeliefert und - ggf. auf der Baustelle selbst - nach einem der vorstehend erläuterten Verfahren verschweißt werden.

00005199

Patentanwalt
Dipl.-Ing.
Werner Gramm
Patentanwalt
Dipl.-Phys.
Edgar Lins

Stahlwerke Peine-Salzgitter AG
Gerhardstraße 10
3150 Peine

Theodor-Heuss-Straße 2
3300 Braunschweig,
Telefon: 0531-80079
Telex : 952620

Patentansprüche:

Anwaltsakte 3732 DE Pt

1. Manganstahl, dadurch gekennzeichnet, daß er folgende Bestandteile aufweist:

	0,06 - 0,18 % Kohlenstoff	
	0,10 - 1,80 %	} Silizium
vorzugsweise	0,10 - 0,50 %	
	0,30 - 1,70 %	} Mangan
vorzugsweise	0,90 - 1,70 %	
	0,02 - 0,70 % lösliches Aluminium	
	0,01 - 0,06 % Niob	

2. Manganstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er

0,02 - 0,14 % Phosphor
und 0,008 - 0,020 % Schwefel

aufweist, wenn gleichzeitig der Kupfergehalt bei 0,15 % oder höher liegt.

- 2 -

3. Manganstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er

0,004 - 0,020 % Phosphor
und 0,002 - 0,007 % Schwefel
aufweist, wenn gleichzeitig der Kupfergehalt bei
0,03 - 0,05 %
liegt.

4. Manganstahl nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
daß er als Legierungselement zusätzlich

0,03 - 0,20 % Titan
und/oder bis maximal 1,0 % Nickel enthält.

5. Manganstahl nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, daß er als Legierungselement zusätzlich

0,05 - 0,60 % Chrom
enthält.

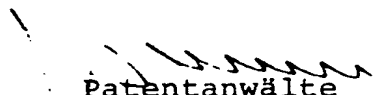
6. Manganstahl nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekenn-
zeichnet durch folgende mechanisch-technologische Eigenschaften:

320 - 440 N/mm ²	Streckgrenze
440 - 610 N/mm ²	Zugfestigkeit
22 - 38 %	Bruchdehnung (in Längs- und Querrichtung).

7. Manganstahl nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß er
CVN-a_k-Werte von 80 bis 190 J/cm² in Längs- und 55 bis 85 J/cm²
in Querrichtung bei $\pm 0^\circ$ C und einem maximalen Wasserstoff-
gehalt von 1,65 ccm/100 p nach einer 96stündigen Behandlung in
einer mit H₂S gesättigten Lösung aufweist.

8. Manganstahl nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß er CVN- a_k -Werte von 360 bis 390 J/cm² in Längs- und 300 bis 325 J/cm² in Querrichtung bei $\pm 0^\circ$ C und einem maximalen Wasserstoffgehalt von 0,15 ccm H₂/100 p nach einer 96stündigen Behandlung in einer mit H₂S gesättigten Lösung aufweist.
9. Manganstahl nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch seine Verwendung im normal geglühten Zustand als Werkstoff für Bauteile, die alkalischen, neutralen oder schwach sauren Lösungen ausgesetzt sind, insbesondere für Heißwinderhitzer.
10. Verfahren zum Mehrlagenschweißen eines Manganstahles nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Schweißgut der Werkstoff 13 CrMo 44 angewendet und die Schweißlagenaufbautechnik in folgenden Schritten durchgeführt wird:
 - a) Zuerst werden auf der den aggressiven Medien ausgesetzten Innenseite (A) des Bauteiles (B) die Wurzellagen (1,2) geschweißt;
 - b) anschließend werden an der Außenseite (C) des Bauteiles Schweißlagen (3 - 7) aufgebracht;
 - c) die Nahtkanten auf der Innenseite (A) des Bauteiles werden auf etwa 100° C vorgewärmt und mit dünnem Strichlagen-Schweißgut gepuffert (8 - 11);
 - d) darauf werden auf der Innenseite (A) die Decklagen (12-16) so aufgebracht, daß die Schmelzgrenzen der Pufferlagen (8-11) nicht überschritten werden.

11. Verfahren zum Einlagenschweißen eines Manganstahles nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch ein Elektro-Schlacke- oder Elektro-Gas-Schweißverfahren unter Verwendung von C-Mn-Zusatzdrahtelektroden ähnlicher chemischer Zusammensetzung wie der Grundwerkstoff bei Schweißspalten ≤ 16 mm.
12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch ein Schweißen unter reduziertem Wärmeeinbringen von etwa 18.000 J/cm^2 bei gleichzeitig erhöhter Abkühlgeschwindigkeit des Schweißgutes.



Patentanwälte

G r a m m + L i n s

Gr/Gru.

FIG. 1

Stahlsorte	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Al	% N	% Ni	% Cu	% Cr	% Nb	% Ti
A	0,06	1,77	0,30	0,135	0,014	0,630	0,0059	0,02	0,17	≥ 0,05	0,017	0,18
B	0,15	0,38	1,58	0,023	0,018	0,155	0,0055	0,03	0,15	≥ 0,05	≤ 0,01	0,04
C	0,15	0,30	1,52	0,024	0,016	0,120	0,0055	0,02	0,19	0,02	0,04	-
D	0,10	0,39	1,55	0,021	0,015	0,180	0,0067	0,90	0,18	0,02	0,06	-
E	0,07	0,32	1,42	0,017	0,005	0,062	0,0076	0,05	0,04 0,05	0,02	0,05	-
F	0,06	0,27	1,44	0,016	0,003	0,038	0,0095	0,05	0,04	0,01	0,04	-
G	0,16	0,46	1,42	0,017	0,003	0,54	0,0068	0,03	0,03	0,60	0,020	-
H	0,14	0,44	1,47	0,016	0,003	0,42	0,0095	0,03	0,03	0,58	0,015	-

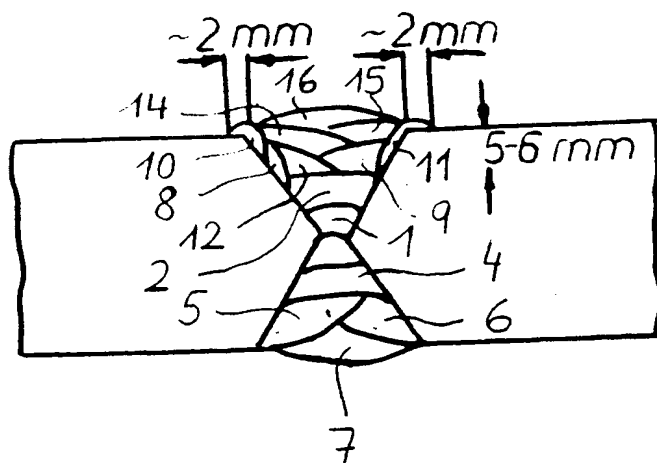


FIG. 3